

[調査報告]

廃棄物発電による余剰電力供給とその事例

Generating power supply in waste-to-energy plants and it's case study

渡会裕一*、河邊安男*、藤吉秀昭*

Yuichi WATARAI*, Yasuo KAWABE* and Hideaki FUJIYOSHI*

キーワード：廃棄物発電、余剰電力、託送、特定供給、ループ切換

1. はじめに

近年、地球環境保全やサーマルリサイクルの観点から廃棄物発電に目が向けられはじめている。

厚生省では以前よりごみ焼却施設に対する補助金を出しているが、平成8年より通商産業省が発電設備の売電部分に対する助成を開始しており、技術的にも各種技術開発が進み発電効率も高くなりつつある。

現在焼却処理そのものには逆風が吹いているが、現実的には焼却処理せざるを得ない廃棄物もあり、エネルギーとしての再資源化もひとつの道となる。

最近電気事業法の改正によって廃棄物発電の余剰電力の有効活用について新たな道が開かれた。ここでは筆者らがかかわった先進的な事例について紹介する。

2. 廃棄物発電の現状

自治省財政局公営企業第二課地域エネルギー事業系の調査¹⁾によると、1991年から1998年の我が国の一般廃棄物ごみ焼却発電施設数は図-1に示すとおり年々増加の傾向にあり、1998年は182施設にのぼり1991年の約1.6倍になっている。

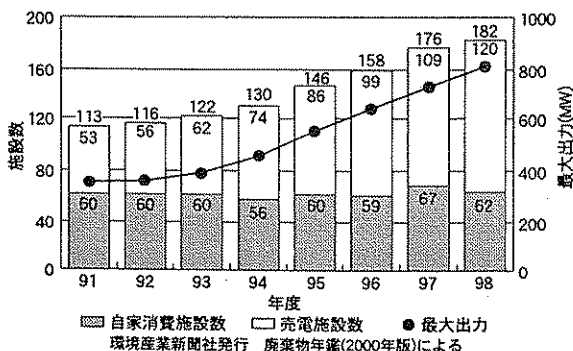


図-1 ごみ発電施設数と発電出力の推移

1991年から1993年までは自家消費のみと売電まで行う施設の割合は概ね同じであるが、1994年以降売電を行う施設が増え、1998年では売電を行う施設は120施設(全体の約66%)となり、自家消費のみの施設(62施設)の約1.9倍となっている。このように近年はごみの持つエネルギーを積極的に活用する施設が増えてきている。

また、合計発電出力は1993年度以降直線的に増加し、1998年度には80.9万kWにのぼり、1991年度の約2.3倍となっている。

3. 廃棄物発電をとりまく環境の変化

3.1 発電出力の増加

平成9年5月の厚生省水道環境部環境整備課長通知「ごみ処理の広域化について」によりごみ焼却施設の大規模化が進むとともに、廃棄物発電設備も大容量化の方向に向かっており、廃棄物発電出力は今後とも増加すると考えられる。

3.2 規制緩和²⁾

昭和39年に制定された電気事業法は31年ぶりに抜本的な改正がなされ、平成7年4月21日に公布され、平成7年12月1日に施行された。この法改正の骨子は次のとおりである。

- ① 効率的な電力供給システムの構築
- ② 発電部門などへの新規参入の拡大を目的とした事業規制の見直し
- ③ 電気料金制度の見直し
- ④ 電力保安規制の合理化
- ⑤ 特定供給の緩和等

さらに平成12年3月21日には「特定規模電気事業者」による「電力小売部分自由化」などが織り込まれた改正電気事業法が施行された。

* (財)日本環境衛生センター東日本支局環境工学部
Dept. of Environmental Engineering, East Branch, JESC

これら一連の電気事業法の改正によって、廃棄物発電の余剰電力についても、電力会社への売電、自己託送、特定規模電気事業による小売託送、特定供給などその活用範囲の可能性が広がっている。このうち特定規模電気事業は、広範な特定規模需要家へ石油会社、ガス会社などが電力会社の送電線を利用して電気を供給するものであるため、ここではそれ以外について概要を述べる。

3.2.1 託送

託送とは発電された電力を電力会社のネットワーク（送電線などの電線路）を介して電力の需要家に送ることを意味し、次の3種類に分けることができる。

① 卸託送

一般電気事業（通常電力会社が営む電気事業）の用に供するための電気に係わるもの

② 小売託送

特定規模電気事業の用に供するための電気に係わるもの

③ 自己託送

電気事業者以外の者が自己による電気の消費を目的として依頼するもの

①の卸託送は従来から行われているいわゆる自家発から電力会社への売電に加えて、卸供給事業者（新規参入者）が電力会社の入札を経て行う売電のことである。②の小売託送は、平成12年3月に施行された改正電気事業法によって創設されたもので、いわば改正電気事業法の目玉とでもいえるべきものである。新規参入者である特定規模電気事業者が大規模需要家（使用規模が2千kW以上で2万V以上の特別高圧線路から受電）に電力会社の送電線を介して電力を供給することが届出制によりできるようになった（部分自由化）。この部分自由化の対象となる顧客は電力10社のわずか0.01%程度の口数に過ぎないが、その販売電力量は電力需要全体の3割弱に達し、すでに鉄鋼、ガス、石油会社及び外資系企業が参入の発表ないしは計画を行っており、電力会社発電部門を巻き込んで激しい価格競争に発展していく可能性がある。これらにより欧米各国に較べて2~3割高い日本の電気料金の値下げが期待されている。ただし託送を行うためには、電力会社の送電線使用料ともいべき託送料金を支払わなければならない。電力会社ごとの託送料金は現在表-1のように定められている。

表-1 電力10社の託送料料料金表

	平均単価 (円/kWh)	接続供給約款料金	
		基本料金(円/kW)	従量料金(円/kWh)
北海道	1.93	460	1.78
東北	2.60	510	1.68
東京	3.32	565	1.88
中部	3.08	490	1.82
北陸	2.20	485	1.37
関西	2.98	500	1.73
中国	2.43	465	1.51
四国	2.25	580	1.29
九州	2.50	530	1.52
沖縄	1.38	480	1.25

(注) 平均単価には1kWh当り0.445円の電源開発促進税が含まれている。

③の自己託送は、卸託送や小売託送の場合と異なり、託送サービスの実施が特定の需要家のために行われるものであって、広く一般需要家の利益を増進するものではないことから、卸託送や小売託送と同様の制度化は行われていない。ちなみに東京電力を例にとると、自己託送料金は3.67円/kWhである。

図-2に改正電気事業法によって新たに追加された電力供給方法を含む新たな電気供給システムのイメージを示す³⁾。

3.2.2 特定供給

電気事業を営む場合以外の電気の供給（特定供給）については通商産業大臣の許可が必要である（電気事業を営もうとする者については、別に許可を必要とする旨の規定あり）が、一方で、自ら発電し、その電気を自ら消費する（自家発自家消費）場合については、電気の利用者の利益の保護を図る必要がないことから、電気事業の許可を受けることを必要としない。自己の社宅に対する供給や同一地方自治体内部における会計主体を異にする他部門への供給については自家発自家消費とみなされ、許可を受けることなく供給を行うことができる。これは、一連の改正電気事業法以前は許可制であったものが、規制緩和の一環として許可を得ることなく実施可能になったものである。

以上のことを理解しやすくするために、図-3に特定供給の許可条件を示す³⁾。

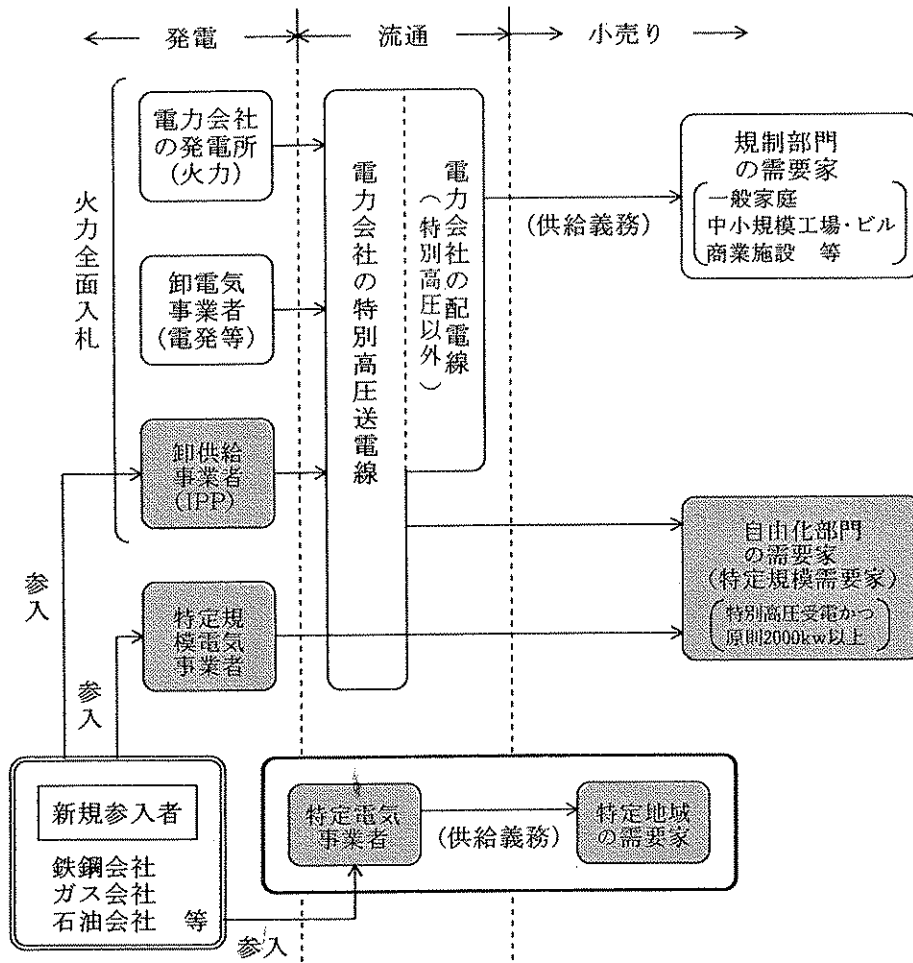
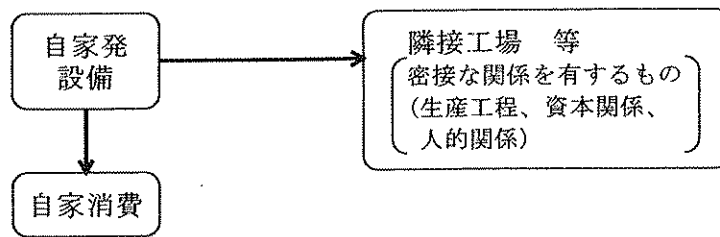


図-2 改正電気事業法による新たな電力供給システムのイメージ

①許可制



②許可不要

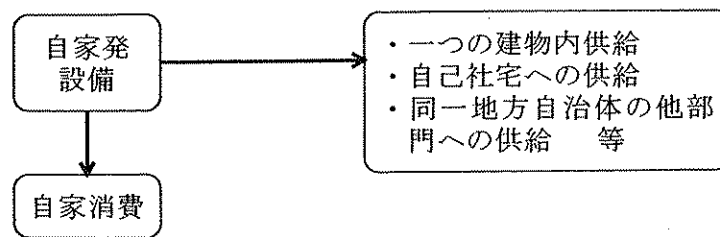


図-3 特定供給許可条件

4. 廃棄物発電による余剰電力供給事例

4.1 特定供給事例

これまで多くの廃棄物発電において、その余剰電力のほとんどは電力会社へ売電されているが、一部で関連施設への特定供給も実施、あるいは計画されている。その一例を表-2に示す¹⁾。今後の廃棄物発電は、このような需要施設への余剰電力供給が増加していくものと思われる。

4.2 特定供給のケーススタディ

4.2.1 電力システムの概要

上記の改正電気事業法に基づく電気供給方式に関し、ごみ焼却施設（以下清掃工場と略す）における余剰電力の有効活用についての具体的なケースについて以下に述べる。

発電された電力の内清掃工場自身が使用する電力（自家消費）を除いた電力が余剰電力となる。余剰電力を電力会社へ売電することはすでに多くの自治体で行われているが、ここでは更なる有効利用を考え、清掃工場周辺の公共施設である下記の施設への電力供給（特定供給）を行うこととする。電力供給の全体構成を図-4に、各施設の電力に関する概要を以下に示す。

① 清掃工場

発電電力 最大 12,000kW

（蒸気タービン発電機）

受電電圧 特別高圧 66,000V

契約種別 特別高圧電力（産業用）

予備電力（予備線）及び自家発補給電力B

売 電 電力会社に対し売電を行う。

② A施設

受電電圧 特別高圧 66,000V

契約電力 2,500kW

契約種別 特別高圧電力（業務用）及び予備電力（予備線）

・常時は清掃工場より直送電力を受ける。

・清掃工場とA施設の電力会社送電系統は同一系統とする。

③ B処理場

受電電圧 特別高圧 66,000V

契約電力 2,300kW

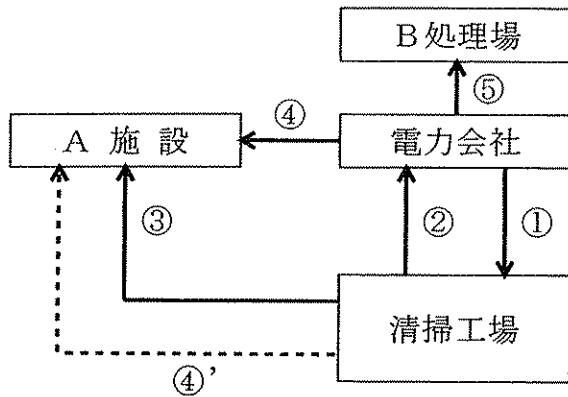
契約種別 特別高圧電力（産業用）及び予備電力（予備線）

・清掃工場より電力の自己託送サービスを受ける。

表-2 ごみ発電の特定供給事例

清掃工場名	特定供給先	供給電力量
札幌市駒岡清掃工場	駒岡老人保護センター	S61.2 供給開始
横浜市都筑清掃工場 (発電出力: 11,500kW)	横浜市交通局茅ヶ崎変電所 市営地下鉄3号線(新横浜~あざみ野の7駅)	1,500kWh H5.3 供給開始(4.2円/kWh)
横浜市鶴見清掃工場 (発電出力: 22,000kW)	北部第二下水処理場	9,700kWh H7.4 供給開始(4.2円/kWh)
大阪市住之江工場 (発電出力: 11,000kW)	①津守下水処理場 ②住之江下水処理場	2,430kWh 1,350kWh } 計 3,780kWh
大阪市八尾工場	八尾衛生処理場	H7.7 供給開始(7.54円/kWh)

供給予定清掃工場	今後予定される特定供給先	
横浜市北部清掃工場	①新羽車両基地 ②横浜総合運動公園 ③温水プール ④スポーツ医科学センター	
横浜市鶴見清掃工場	①温水プール ②老人福祉施設	
札幌市第5清掃工場	東部下水処理場	H16年供給開始予定
金沢市清掃工場(建設中) (発電出力: 35,000kW)	金沢汚泥プラント他	
名古屋市	福祉施設	
加茂衛生施設組合	リサイクルプラザ	



- ① 自家発補給電力
- ② 売電(自己託送分を含む)
- ③ 専用配電線路による直接供給
- ④ バックアップ電源
- ④' バックアップ電源 (不可)
- ⑤ 電力会社のネットワークによる自己託送

図-4 電力供給計画の全体構成

ここで、電気事業法第17条(特定供給)によると、通商産業大臣の許可を要しない電力供給先には前述したように同一地方自治体により運営されている施設が含まれている。今回、上記の2施設へ電力供給する予定であるが、このうち、B処理場へは電力会社の自己託送サービスを利用して送電する。自己託送サービスは原則として同一需要区分となっているため、また清掃工場とA施設間の距離は約1kmと比較的短いことから専用配電線路にて電力供給する計画とする(特定供給)。

ここでは、既述した内容のうち、清掃工場からA施設への電力供給についてその方法と諸問題について検討を行うものである。

清掃工場とA施設は電力の需要区分が異なる。従って、図-4で示す清掃工場の自家発電力供給③に対する電力会社受電によるバックアップは④で示すような取り方では、自家発停止などのときに電力会社の産業用電力が清掃工場を経由して業務用電力扱いのA施設へ流れてしまうため、基本的に不可となる。よって従来どおりA施設の特別高圧受電④によりバックアップを行うものとする。

4.2.2 基本計画

図-4の具体的な電力システムを図-5に示す。

1) 無停電切換

清掃工場において何らかの原因で自家発が停止した場合や、炉を停止している期間などは、A施設では電力会社系統からの受電に切換える必要がある。また、逆に清掃工場再立ち上げ時電力会社系統からの受電から、清掃工場からの受電へ切換える必要もある。このような切換え作業のたびに停電状態が発生したのでは安定し

た電力供給とはいいがたい。また、A施設停電後の復旧作業にも多くの手間が必要となる。従って、電力供給システムは、通常の切換を無停電で行えるシステム(最初に切換えようとする側の遮断器を投入してからこれまで給電していた回路の遮断器を遮断する。この間ループ状態となるのでループ切換という)とする必要がある。

2) 安全、管理への考慮

このような電力供給システムが実現すると、A施設、清掃工場双方の電気主任技術者、電気管理者はその管理面において負担が増大することが考えられる。また、管理面で煩雑さが伴うと安全性にも影響を与える。

そこで、これら管理者の負担を極力軽減するよう計測、制御は可能な限り自動化する計画とするとともに、安全性では事故を未然に防ぐため、必要な所に人間の判断を入れられる計画とする。

3) 経済性の追求

ごみ焼却施設の建設・運用にはかなりの費用を必要とし、これが自治体の財政を圧迫している。そこで廃棄物発電の余剰電力による収益によってこの費用を削減することが望まれるわけであるが、そのための経済性の追求が必要である。

4.2.3 基本計画に関する技術的検討

1) A施設への供給電圧

清掃工場からA施設へ電力を供給する際の配電電圧は特別高圧の受電電圧である66,000Vと、特高変圧器二次側の6,600Vの2種類が考えられる。

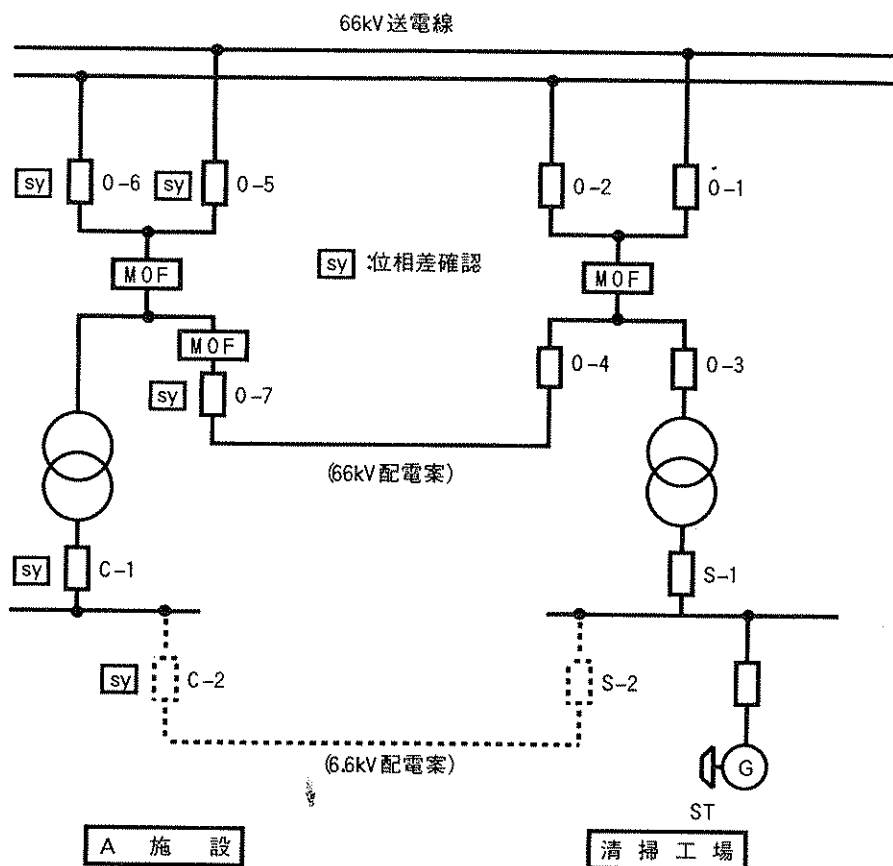


図-5 電力系統図

配電電圧は 6.6kV 案（図-5 で点線で示した回路）の方が機器、ケーブルのコストが小さく、また万一の切替時のトラブルが電力会社系統へ与える影響度が小さい等のメリットがあるが、下記の問題点がある。

① ループ切替時に A 施設及び清掃工場双方の特高変圧器を介してループが形成されて、ループ電流が発生し、保護リレーの不要動作が考えられるため、双方の変圧器について、下記の条件が必要になる。

- ・すべてのタップにおいて変圧比を等しくする。
- ・位相変位を等しくする。
- ・すべてのタップにおいて短絡インピーダンスの差異が平均値の 1/10 以内とする。

A 施設が既設設備とした場合、これらを満足させることは一般的にむずかしい。

② 6.6kV 配電にて切替を行う場合、6.6kV の遮断器操作だけでは特高変圧器に励磁損が発生してしまうため、これを避けるためには 66kV の遮断器も操作する必要があり、操作

点数が増えてしまう。

一方、66kV 案の場合、コスト、切替トラブル時の影響などの点で不利ではあるが、以下のような利点がある。

- ① A 施設の受変電設備において、特高変圧器の二次側は、従来と全く変わりなく運用・操作できる。
 - ② 切替の際、A 施設において遮断器の操作点数が少ない。
 - ③ 切替の制御が明解で、比較的容易になる。
- 以上のような理由から、電力供給システムにおける清掃工場から A 施設への配電電圧は特別高圧 66kV とする。

2) 切替条件

ループ切替を行うには電力会社からの制約も含めた数々の条件があるため、それを整理すると以下のとおりである。

(1) ループ継続の時間

ループ状態を継続する時間（以後「ループ時

間」と表す。)を長時間にすると、下記の事項を考慮する必要性が生じる。

① ループ中は、清掃工場からの発電電力が、専用配電線路を通じてA施設側に分流し、A施設の電力会社系統側受電点では逆潮流状態となる(発電電力と消費電力にもよるが)。逆潮流になること自体は技術的には問題ないと思われるが、長時間の逆潮流であればA施設側にも「系統連系技術要件ガイドライン」に沿った系統連系保護装置設置の必要性が生じる可能性がでてくる。

② ループ中に電力会社送電系統あるいは他の特高需要家構内事故が発生すると、故障電流がループ中の配電線路へ分流し、清掃工場とA施設の受電リレーが不要動作する弊害が予想される。ループ時間が長時間であればこのリレー不要動作の危険性も高くなる。

従ってこれらの対策として、ループ切換の遮断器を投入したとき、その遮断器入の信号(遮断器補助接点)で相手方の遮断器を直ちに切り離すことにすれば、ループ時間は0.2秒程度になり、ループ切換時必要に応じて受電点の過電流継電器及び地絡過電流継電器をごく短時間ロックする程度ですむ。

(2) 電力会社送電系統の制約

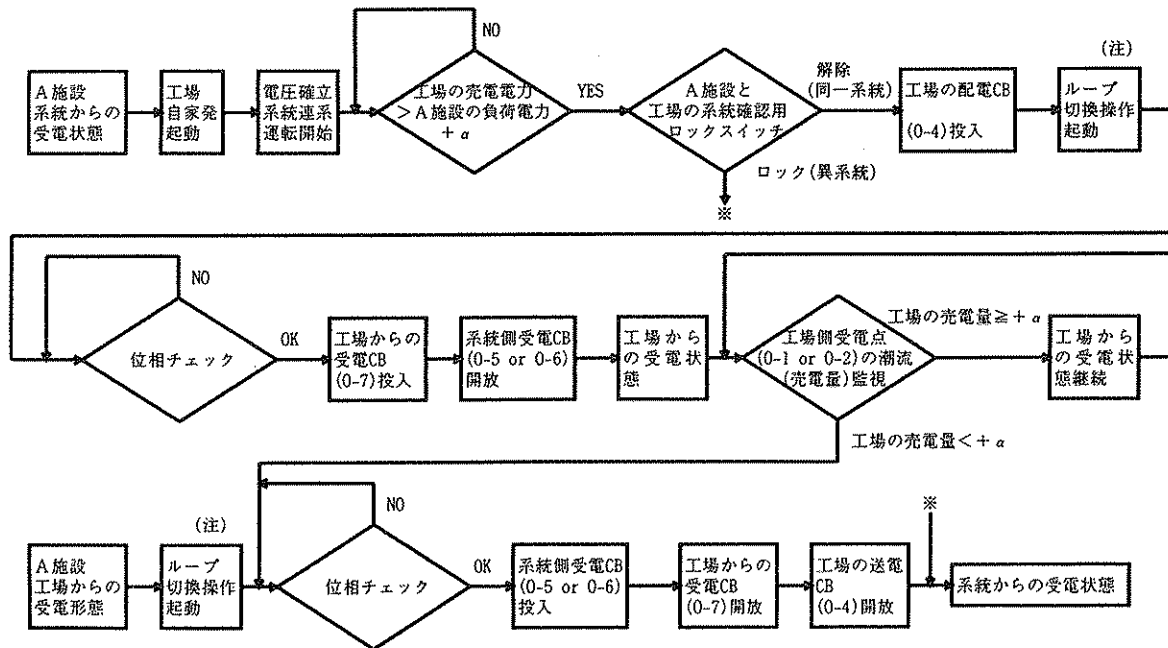
清掃工場とA施設が受電する予定である電力会社送電系統には通常1号線と2号線の2回線がある。ループ切換を行なう際、清掃工場とA施設の受電系統が異系統(一方が1号線受電の時、他方が2号線受電)となった場合には、ロックスイッチによってループ切換をロックする必要がある。

ループ切換が可能なのは電力会社送電系統からの受電系統が、A施設と清掃工場とで同一である場合に限られる。

(3) 清掃工場の発電電力

清掃工場は通常、電力会社に対し売電を行っているが、清掃工場の発電量が低下すると売電量も低下し、やがては電力会社から「買電」する方向になる。この場合にA施設が清掃工場より受電すると、清掃工場の買電電力が配電線路を通じてA施設に流れ込むことになる。この流れ込みは前述したように電力会社より認められない。従って、清掃工場の発電電力がA施設へ電力供給しても、なお余裕を持って「売電方向」を維持できるときにループ切換を行う必要がある。

以上のループ切換条件を織り込んだループ切換フローを図-6に示す。



・清掃工場：工場と略す。
 ・切換操作実施前に、A施設・工場間及びA施設・電力会社間で電話連絡などによる安全確認を行う。

図-6 ループ切換フロー図

なお、上記のような各種の売電や系統連系の計画を行うにあたっては、事前に当該地域の電力会社や通商産業局と充分打合せを行うことが重要である。

4.2.4 経済性の検討

ここで各施設の需要電力を電力会社よりの買電でまかなった場合と清掃工場の発電電力を利用した場合について、下記の条件の下に電力料金の概略比較を行ってみる。この結果を表-3に示す。

- 条件
① 焼却炉は3炉中常時2炉運転とし、発電電力及び各々の需要電力は下記とする。

(kW)

	契約電力	平均電力
発電電力	-	8,000
清掃工場の自己消費電力	2,800	2,600
A施設の需要電力	2,500	2,300
B処理場の需要電力	2,300	2,100
売電電力	-	1,000

- ② 発電機は12月(年末)、1月(年始)及びその他月に計24日停止するものとする。
③ 発電原価は8円/kWhとする。
④ 売電の電力料金は東京電力の数値で計算する。
⑤ 清掃工場-A施設間の専用配電線敷設費は40万円/mとする。

表3でみられるように、清掃工場の発電電力を利用した方が、総合的にみて経済的といえることができる。特に電力会社からの買電価格が高く設定されている業務用電力需要家への特定供給が効果的である。ただしこの試算はいうまでもなく発電原価に左右され、発電原価は廃棄物焼却施設の発生余熱などによって変化する。しかしたとえ表3の合計値がマイナスになったとしても、本来捨てられる余熱を利用することによって電力会社の発電量を減じ、地球上の資源の節約やCO₂の排出削減に役立っているといえることができる。

5. おわりに

以上廃棄物発電の余剰電力活用に関し、とりまく環境の変化、関係法規及び余剰電力供給実施例などについてその概要を述べたが、これらをとおして廃棄物発電の余剰電力活用上今後に要望されることは以下のとおりである。

5.1 需要区分

自己託送において、電力会社より託送以外の電気の供給も受けるためには、電力会社からみたときの受電地点及び引渡地点の需給区分は同一である必要があり、従ってこの場合工場からA施設への自己託送は不可となる。小売託送では同種の制約はないのであるから、自己託送についても同じ扱いとなることが要望される。

表-3 経済性の検討

(百万円/年)

	電力会社より購入	清掃工場より購入	差
A 施設	326	222	104
B 処理場	215	234	△19
売 電			3
合計			88

注 1)本試算は東京電力の「電気供給約款(平成10年2月10日版)」に基づいて夏季料金とその他季料金に分けて行った。
2)売電料金は東京電力の「廃棄物発電からの余剰電力購入について(運用開始平成12年4月1日)」に基づいて算出した。

5.2.1 施設の契約口数

5.1項が可能になることを前提に、前述の事例にあったように、A施設への自己託送がB処理場と同時に可能であれば（複数の自己託送）、4.2.2 基本計画 3）経済性の追求で述べた双方のメリットが現実のものとなると考えられる。またA施設側はループ切替作業から解放される。

5.3 高圧需要家への自己託送

現在小売託送、自己託送とも電力会社の受電地点及び引渡地点とも特別高圧と定められているが、高圧需要家への託送も認められることが要望される。

5.4 託送料金

各自治体の廃棄物焼却施設の経営は冒頭に述べたごとく大変苦しいのが現状であり、売電によっ

て少しでも経費の削減を図ろうとしている。このなかで託送料金の占める割合は相当高く、小売託送業界でも値下げの声が高まっているが、自己託送についてもkWhあたり1円台の料金となることが強く要望される。

6. 引用文献

- 1) 廃棄物年鑑（2000）：環境産業新聞社
- 2) 資源エネルギー庁公益事業部編（2000）：電力構造改革、(財)通商産業調査会出版部
- 3) 電力政策研究会編（2000）：図説 電力の小売自由化、電力新報社
- 4) 河邊安男（1998）：自治体が行う廃棄物発電による余剰電力供給メニュー、環境技術会誌 No.98 (pp20-28)